Aus dem Staatlichen Medizinaluntersuchungsamt Osnabrück
Leitung: Prof. Dr. med. J. Sander

Untersuchungen über den hygienischen Nutzen von Klimaanlagen in Operationssälen in Osnabrück

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät (Theoretische Medizin)
der Eberhard- Karls- Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Apothekerin Adelheid Ursula Gertrud Hatzmann, geb. Richard
aus Emstek
1984

Aus dem Staatlichen Medizinaluntersuchungsamt Osnabrück
Leitung: Prof. Dr. med. J. Sander

Untersuchungen über den hygienischen Nutzen von Klimaanlagen in Operationssälen in Osnabrück

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät (Theoretische Medizin)
der Eberhard- Karls- Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Apothekerin Adelheid Ursula Gertrud Hatzmann, geb. Richard
aus Emstek
1984

Dekan: Prof. Dr. med. G. Fichtner
1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. J. Sander
2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. K. Botzenhart

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung 1

2. Material und Methoden 5
2.1 Auswahl der Operationsräume 5
2.1.1 Operationsräume mit einfachen lüftungstechnischen Anlagen 7
2.1.2 Operationsraum mit Klein-Klimagerät 9
2.1.3 Operationsräume mit modernen Klimaanlagen 9
2.1.4 Operationsraum mit Reinraumanlage 10
2.2 Entnahme der Proben 12
2.3 Aufarbeitung der Proben 13
2.3.1 Clostridium perfringens 13
2.3.2 Staphylococcus aureus 15
2.3.3 Gesamtkolonienzahl 15
2.4 Statistische Methoden 15
2.4.1 Vorzeichen-Test 16
2.4.2 MANN-WHITNEY-WILCOXON-Test 16

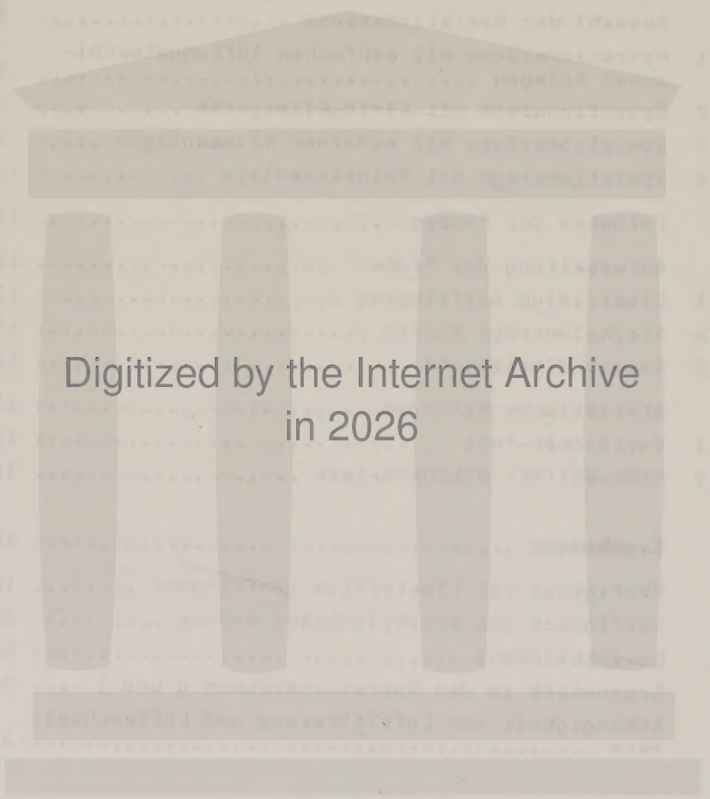
3. Ergebnisse 18
3.1 Häufigkeit von Clostridium perfringens 18
3.2 Häufigkeit von Staphylococcus aureus 22
3.3 Gesamtkeimzahl 24
3.4 Ergebnisse in den Operationsräumen g und j 26
3.5 Abhängigkeit von Luftfilterung und Luftwechselrate 27

4. Diskussion 29

5. Zusammenfassung 38

6. Literaturverzeichnis 40

7. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen 44



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536514_0008

1. Einleitung und Fragestellung

Schon im Operationssaal Infektionen zu vermeiden, ist besonders wichtig, da die Infektionsgefährdung unter der Operation heute infolge der steigenden Operationsfrequenz, längerer Operationsdauer, infolge komplizierterer Operationen und durch Operationen an resistenzgeschächten Patienten (Alter, immunsuppressive Antibiotika, Glukocorticoide usw.) stetig zunimmt. Weitgehende Keimarmut und damit Reduzierung der Infektionsgefahr wird deshalb heute für Operationsräume gefordert.

Eine sehr kostspielige, aber hinsichtlich ihrer Effektivität nicht voll abgeklärte Maßnahme zur Reduzierung intraoperativer Infektionen stellt der Einbau von raumlufttechnischen Anlagen dar. In Krankenhausneubauten werden heute in der Regel aufwendige Klimaanlagen installiert, deren Kosten ca. 10 bis 15 % der gesamten Bausumme ausmachen. In Altbauten werden sie, soweit dies möglich ist, nachträglich eingebaut. So beliefen sich beispielsweise die Kosten für eine nachträglich eingebaute Klimaanlage in einem in die vorliegenden Untersuchungen mit einbezogenen mittelgroßen chirurgischen Operationsraum 1971 auf 41 900.-- DM. 1973 wurde in dem gleichen Operationsraum dann noch eine Reinraumkabine für 93 000.-- DM installiert. Die Komplettierung der hier ebenfalls untersuchten HNO- und Augen-Operationsräume mit Klimaanlage erforderten im Jahre 1975 sogar 750 000.-- DM. Neben den Anschaffungskosten ist an die laufenden Kosten für moderne Klimaanlagen zu denken, Kosten für die regelmäßige Wartung und Kontrolle der technischen Anlage, für Reinigung und Desinfektion, Kosten für wiederholte bakteriologische Prüfungen und nicht zuletzt die hohen anfallenden Energiekosten. So gibt z.B. SATTEL (1972) an, daß sich die täglichen Betriebskosten einer einzigen La-

UNIV. BIBLIOTHEK

minar-Flow-Anlage in Göttingen schon damals auf 104.60 DM beliefen.

Fehlerhafte Konstruktion oder mangelhafte Wartung können bei Klimaanlagen gefährlich werden. THOMSEN und KREBS (1972) weisen auf aufgetretene Gefahren einer defekten Klimaanlage in dem modernen gynäkologischen Operationsraum der Universitätsfrauenklinik in Hamburg-Eppendorf hin. Es traten in kurzer Zeit mehrere foudroyant verlaufende Infektionen nach aseptischen Eingriffen (Sectio caesarea und abdominelle Uterusexstirpation) auf, mit z.T. tödlichem Ausgang. Zunächst fand man hierfür keine Erklärung. Schließlich wurden als Ursache erhebliche Mängel im Bau und in der Wartung der Klimaanlagen angeschuldigt. Der Ansaugschacht für die Frischluft lag im Bodenniveau eines mit Torf angelegten Rasens und saugte Schmutz und Keime an, darunter auch Clostridium perfringens. Die Anlage selbst war erheblich verschmutzt und verstaubt. Der Feinstfilter, die letzte Filterbarriere zwischen Frischluft und Operationsraum war undicht und ließ Mikroorganismen hindurch. Die Luftkanäle waren 60 bis 70 m lang, wenig zugängig und somit schlecht zu reinigen und zu desinfizieren. Pathogene Keime wurden in fast allen Bereichen des Belüftungssystems gefunden: Clostridium perfringens, Pseudomonas aeruginosa, coliforme Keime, Enterokokken, Staphylococcus aureus, anaerobe und aerobe Sporenbildner.

Weitere Infektionen durch Klimaanlagen wurden bekannt. So berichtet MÜLLER (1972) über die Ausbreitung von Actinomyceten wie Micropolyspora faeni in einer defekten Klimaanlage in Büroräumen in Milwaukee (Wisc.). Bei 4 Angestellten kam es zur Entstehung einer Farmerlunge. Die Klimaanlage war defekt gewesen.

OSTERTAG (1973) erwähnt eine tödlich verlaufende Gasbrandinfektion eines Mannes nach einer kleinen

Wirbelsäulen-Operation. Im Wasser des Luftwäschers der Klimaanlage waren Clostridium perfringens und Pseudomonas aeruginosa gefunden worden. Ob damit die Ursache der Infektion aufgedeckt worden ist, mußte allerdings zweifelhaft bleiben.

Der Zusammenhang zwischen unzulänglicher raumlufttechnischer Anlage und dadurch entstandener Infektion ist meist schwer zu beweisen, sofern es sich nicht um ganz typische Infektionen, z.B. solche durch Legionella pneumophila handelt.

Richtlinien hygienischer, technischer und baulicher Art sowie Mindestanforderungen für die Prüfung raumlufttechnischer Anlagen sind in den "Deutschen Normen" betreffs raumluft-technischer Anlagen in Krankenhäusern, der DIN 1946, Blatt 4, festgelegt. Sie wurde 1978, allerdings überwiegend von Ingenieuren, neu bearbeitet und stellt hohe Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen. Zu den Aufgaben der Klimaanlagen in Krankenhäusern gehören nach dieser Norm die Aufrechterhaltung des erforderlichen Raumklimas (Temperatur, Feuchtigkeit und Lufterneuerung). In Operationsräumen wird der Beseitigung von Narkosegasen, Gerüchen, Staub und insbesondere von Mikroorganismen eine besondere Bedeutung beigemessen. Aus diesem Grunde werden raumlufttechnische Anlagen für Operationsräume jedweder Art als unentbehrlich angesehen. Für einen Operationsraum der Kl. I wird z.B. gefordert: Raumtemperatur von 21 bis 24°C, Luftfeuchtigkeit zwischen 45 und 65 %, Luftwechselzahl von 20, Anlageschalldruckpegel von 40 dB und Filterstufen B_2, C und S.

Die Anforderungen der DIN-Norm sind damit wesentlich höher als diejenigen ausländischer Richlinien, wie etwa die vom U.S. Department of Health and Human Services (1980 und 1982). So wird z.B. in den USA oder in England eine Unentbehrlichkeit von Klimaanlagen aus hygienischer

Sicht nicht behauptet. In den USA wird lediglich gefordert, daß der Keimpegel in der Luft eines Operationsraumes 70 Keime pro m^3 Luft nicht überschreiten darf. Auch werden Filter der Stufe C als ausreichend angesehen. Weiterhin wird - anders als in Deutschland - Umluftbetrieb zugelassen.

Angesichts solch divergierender Auffassungen über die notwendige Ausstattung von Operationsräumen mit raumlufttechnischen Anlagen muß man sich fragen, inwieweit es gelingt, mit Hilfe von Klimaanlagen den Luftkeimgehalt in Operationsräumen herabzusetzen und damit Infektionen zu verhüten. Hat man in unklimatisierten Operationsräumen im allgemeinen mit einem höheren Keimpegel zu rechnen bzw. wird die Luftqualität durch raumlufttechnische Anlagen gebessert und lohnen sich die hohen finanziellen Aufwendungen? Wie groß sind die Unterschiede zwischen klimatisierten und nicht klimatisierten Operationsräumen?

Mit der vorliegenden Untersuchung soll festgestellt werden, welche Abhängigkeit zwischen den verschiedenen Belüftungssystemen und der mikrobiellen Kontamination der Flächen in den Operationsräumen besteht. Dabei wurde als Indikator neben der Gesamtkeimzahl der Nachweis von Clostridium perfringens und Staphylococcus aureus verwendet.

Infektionen durch Clostridien aus der Gasbrandgruppe spielen auch heute noch eine bedeutende Rolle. Clostridiensporen treten ubiquitär auf, vor allem in der Erde und im Straßenstaub. Sie sind resistent gegen Desinfektionsmittel. Die vegetativen Clostridien bilden Toxine, die eiweißzerstörend und gewebsauflösend wirken und zu schwerer Allgemeinintoxikation führen.

Staphylococcus aureus als häufig in der Luft aufzufindender Hospitalismuserreger gilt als der Urheber vieler Wundheilungsstörungen und eitriger Infektionen.

2. Material und Methoden

Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden in der Zeit von Januar bis Juli 1980 in Osnabrück in insgesamt 10 Operationsräumen der folgenden Krankenhäuser durchgeführt:

- Franziskus Hospital,
- Marienhospital,
- Paracelsus Klinik,
- Städtische Kliniken und
- Städtische Frauenklinik.

Die Aufarbeitung der in den Operationsräumen entnommenen Proben erfolgte parallel im Staatlichen Medizinaluntersuchungsamt Osnabrück.

2.1 Auswahl der Operationsräume

Bei Festlegung der zu untersuchenden Operationsräume sollte in jedem Krankenhaus ein Operationsraum ohne Klimaanlage und ein Operationsraum mit einer für die Klinik typischen Klimaanlage ausgewählt werden. Dies war jedoch nicht möglich in der Paracelsus Klinik, da hier alle Operationsräume mit gleichen raumlufttechnischen Anlagen versehen sind.

Bei der Durchführung der Untersuchungen wurde darauf geachtet, daß bei unterschiedlich belüfteten Operationsräumen die übrigen Bedingungen, wie z.B. die bei einer Operation anwesende Zahl der Personen und die durchschnittliche Dauer der Operationen etwa gleich waren. So wurden Untersuchungen nur vorgenommen, wenn bei allen Operatio-

nen durchgehend 7 bis 10 Personen anwesend waren und ununterbrochen über den ganzen Vormittag bis 14.00 Uhr operiert wurde. Die folgenden Operationsräume wurden schließlich ausgewählt:

- Op.-Räume ohne jegliche lüftungstechnische Anlagen:
  a. Marienhospital, Gynäkologischer Operationsraum
  b. Städtische Frauenklinik, Gynäkologischer Operationsraum II

- Op.-Räume mit einfachen lüftungstechnischen Anlagen:
  c. Paracelsus Klinik, Chirurgischer Operationsraum
  d. Paracelsus Klinik, Gynäkologischer Operationsraum

- Op.-Raum mit Klein-Klimagerät:
  e. Marienhospital, Chirurgischer Operationsraum

- Op.-Räume mit modernen Klimaanlagen:
  f. Franziskus Hospital, Chirurgischer Operationsraum
  g. Städtische Kliniken, Chirurgischer Operationsraum
  h. Städtische Frauenklinik, Gynäkologischer Operationsraum I
  i. Marienhospital, HNO-Operationsraum

- Op.-Raum mit Klimaanlage und Reinraumanlage:
  j. Städtische Kliniken, Chirurgischer Operationsraum

Besonders wichtig zur Beurteilung der Güte von Klimaanlagen sind deren Filterqualitäten (siehe Tab. 1).

Filter der Güteklasse B sind als Vorfilter für die Anlagen gegen Grobstaub, Insekten etc. gedacht. Als 2. Filterstufe dient ein Feinfilter der Güteklasse C, der den nachstehenden Kanal vor Verunreinigungen schützen soll. Hochleistungsschwebstoff-Filter der Typklasse S müssen einer Typprüfung nach DIN 24184 standhalten. Sie sollen

Filter-bezeichnung	Filter-klasse	Wirkungs-bereich	Abscheidegrad von Feinstaub 5 mg/m³
Feinfilter	B_1, B_2	10µ - 1µ	70 - 80 %
Feinstfilter	C	1 µ	95 %
Hochleistungs-schwebstoffilter	S	bis 1 µ	99,97 %

Tab. 1: Anforderungen für Filterqualitäten der verschiedenen Filterklassen

einen Abscheidegrad von 99% aller Partikel ab 0.3 µ haben. Solche Filter haben einen hohen Luftwiderstand und erfordern deshalb besonders viel Energie.

Laut DIN 1946, Blatt 4, werden für Operationsräume B_2-, C- und S-Filter gefordert. Die "einfachen lüftungstechnischen Anlagen" der Operationsräume c und d (siehe Abschnitt 2.1.1) und das "Klein-Klimagerät" des Operationsraumes e (siehe Abschnitt 2.1.2) zählen nach der DIN-Norm 1946 nicht zu den Klimageräten. Auch in Bezug auf die hier untersuchte Fragestellung sind diese Operationsräume wie Operationsräume ohne Klimaanlage einzustufen:

- 5 Operationsräume hatten also keine Klimaanlage,
- 5 Operationsräume hatten Klimaanlagen, einer davon zusätzlich eine moderne Reinraumkabine.

2.1.1 Operationsräume mit einfachen lüftungstechnischen Anlagen

In den Operationsräumen c und d befinden sich gleiche Anlagen, sogenannte Lüftomatik-Belüftungsgeräte, Baureihe J II (Gesellschaft für Lüftungs- und Klimatechnik mbH, Schriesheim).

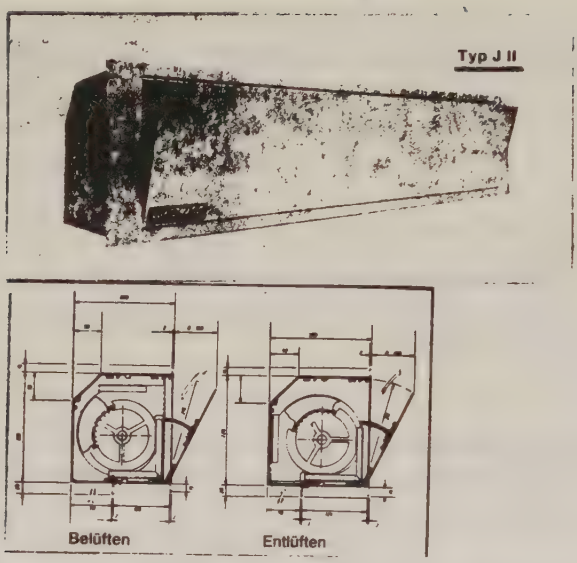


Abb. 1: Schema eines Lüftomatik-Belüftungsgerätes, Baureihe J II

Wie Abb. 1 zeigt, handelt es sich dabei um einfache Ventilatoren oder Lüftungsschlitze, die oberhalb der Fenster in den Operationsräumen im III. Stockwerk des Krankenhauses angebracht sind und die frische Luft von außen ansaugen. Durch den Doppelwalzenlüfter wird die Luft erwärmt und in den Raum geführt. 2 Abzüge befinden sich in ca. 50 cm Höhe. Eine Abkühlung und Befeuchtung ist nicht möglich.

Die Luft wird nach Angabe der Firma keimarm gemacht durch Frischluftfilter-Einsätze in der Lüftomatikanlage und 2 zusätzliche UV-Strahler.

Die Doppelwalzenlüfter sind wartungsfrei. Der Frischluftfilter wird von Zeit zu Zeit mit einem Waschmittel gewaschen. Die Lüftomatik-Belüftungsgeräte der Operationsräume c und d können nicht als Klimaanlage angesehen

werden, da es sich hierbei lediglich um Lüftungsschlitze handelt, durch die Luft angesaugt, danach erwärmt und in den Raum geführt wird.

2.1.2 Operationsraum mit Klein-Klimagerät

Die Klimaanlage des Chirurgischen Operationsraumes e wurde 1964 eingesetzt (Firma Kaeser AG). Die Luft wird in ca. 1.80 m Höhe im Hof angesaugt (dort befindet sich ein Parkplatz) und in 2 Klein-Klimaschrankgeräte, die im Operationsraum stehen, geleitet. Die Filterung erfolgt über eine Schaumstoffmatte mit einer Dicke von 25 mm. Die Luft wird erwärmt bzw. im Sommer abgekühlt. Die abgesaugte Luft wird in 4 m Höhe nach draußen geführt. Eine regelrechte Klimatisierung ist mit dieser Anlage nicht möglich.

Auch die Lüftungsanlage des chirurgischen Operationsraumes e kann nicht als Klimaanlage angesehen werden, denn Klimaanlagen besitzen nach der DIN 1946, Blatt 1, Vorschrift von April 1960, Einrichtungen zum Reinigen, Erwärmen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten der Zuluft sowie zur selbständigen Temperatur- und Feuchteregelung.

2.1.3 Operationsräume mit modernen Klimaanlagen

Die Klimaanlage des Operationsraumes f wurde 1964 gebaut (Keßler und Luch KG, Gießen). Die Luft wird in 20 m Höhe im Hof angesaugt, der Operationstrakt befindet sich 2 Etagen tiefer in 8 m Höhe.

Technische Daten:

Zuluftkanal:	17 m Länge
Abluftkanal:	20 m Länge
Zuluftleistung:	2 000 m^3/h

Luftwechsel:	15-fach
Filter:	1. Grobschwebstoff-Filter
	2. Hartschaumstoff-Filter
	3. Elektro-Filter
	4. Schwebstoff-Filter, Stufe S

In dem Chirurgischen Operationsraum g und dem Gynäkologischen Operationsraum h befinden sich seit 1971 Klimaanlagen (Fa. Eustergerling OHG, Bielefeld). Sie bestehen jeweils aus 3 Schrankklimageräten, 2 Ablüftkastengeräten und 1 Dampfluftbefeuchter.

Technische Daten:

Luftleistung:	2600 m^3/h
Luftwechsel:	15-fach
Filter:	2 Feinstfilter: Camfil, H_2-Elo aus Glasfasermedium mit Kunststoffgazeversteifung, Filterklasse B_2. Fläche 8.8 m^2. 2 Hochleistungsschwebstoff-Filter der Güteklasse S (Camfil-Micretain)

Im HNO-Operationsraum i befindet sich seit 1977 eine Klimaanlage (Fa. Nickel, Typ NHK, Hj 40).

Technische Daten:

Luftmenge:	6900 m^3/h
Drehzahl:	1500 /min. tagsüber, 750 /min. nachts
Luftwechsel:	20-fach
Filter:	Rollbandfilteranlage als Vorfilter, Nachfilter je 1 Filter der Güteklasse B_1 und 1 Schwebstoff-Filter der Güteklasse S.

2.1.4 Operationsraum mit Reinraumanlage

In dem Chirurgischen Operationsraum j, der vorwiegend für Knochen-und Gelenkoperationen benutzt wird, befindet sich außer einer modernen Klimaanlage zur weiteren Senkung des Luftkeimgehaltes eine sogenannte Laminar-Airflow-Anlage

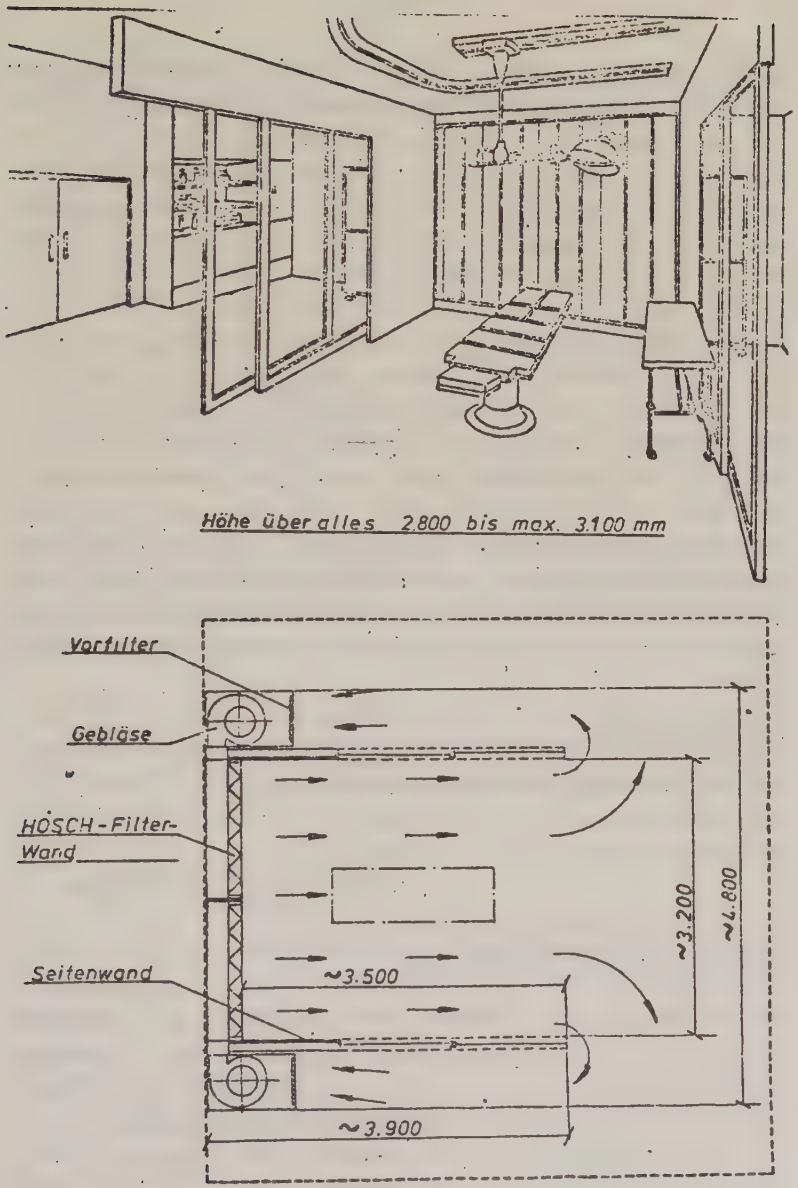


Abb. 2: Schema der Operationsraumes j und der eingebauten Reinraumanlage

lage. Sie wurde 1973 eingebaut (Typ LF Operationstunnel Enviramedic CEAG Schirp, Reinraumtechnik GmbH). Die Technik der abgebildeten Anlage (siehe Abb. 2) beruht auf einer Filtration der Raumluft durch Hochleistungsfilter sowie einer parallelen Strömungsführung der sog. turbulenzarmen Verdrängungsströmung oder Laminar-Airflow. Zur Filtration werden Hochleistungsschwebstoff-Filter (Hosch oder Hepa-Filter) aus Glasfaservlies mit einem Mindestabscheidungsgrad von 99.97 % gegenüber der Größe 0.3 µ Durchmesser und darüber verwendet. Die parallele und dadurch turbulenzarme Verdrängungsströmung wird dadurch erzielt, daß die gereinigte Luft im gesamten Querschnitt des Arbeitsbereiches mit einer Geschwindigkeit von 0.45 m/sec. geführt wird. Hierzu ist eine Wand des Raumes als Zuluftfilter ausgebildet, von der gegenüberliegenden Seite wird die Abluft abgesaugt. Durch die parallele Luftfilterung soll eine Selbstreinigung erzielt werden, da jedes Teilchen auf dem kürzesten Wege entfernt wird.

Technische Daten:

Luftstromgeschwindigkeit:	0.45 m/sec.
Gesamtluftstrom:	ca. 19 000 m^3/h
Stromrichtung:	Querstrom

2.2 Entnahme der Proben

Zur Erfassung der mikrobiellen Kontamination der Flächen wurden in 10 Operationsräumen jeweils 90 Untersuchungen durchgeführt. 30 morgens vor Operationsbeginn um 7^{00} Uhr, 30 zwischen den Operationen gegen 10^{30} bis 11^{00} Uhr und 30 nach Abschluß der Operationstätigkeit gegen 14^{00} Uhr.

Zum Nachweis von Staphylococcus aureus und Clostridium perfringens wurden Abstrich- und Abdruckuntersuchungen

auf den verschiedensten Oberflächen vorgenommen. Stets wurden Proben entnommen (siehe Tab. 4 bzw. Tab. 6) von

- OP-Lampe,
- Op-Tisch,
- Op-Hocker,
- Trommelständer,
- Klimaanlagen-Zuluft,
- Klimaanlagen-Abzug,
- Anaesthesiegerät und
- am Fußboden.

Zum Nachweis von Clostridium perfringens wurden mit sterilen Tupfern Flächen von etwa 30 x 30 cm abgestrichen und diese dann direkt in ein Anaerobier-Transportmedium (BAG, Lich) gebracht.

Die Ermittlung von Staphylococcus aureus und der Gesamtkolonienzahl geschah durch Abdruckuntersuchungen mit Rodac Platten, die einen Durchmesser von 6 cm hatten. (NUNC, Heidelberg)

2.3 Aufarbeitung der Proben

Nach der Abnahme der Proben wurde am gleichen Tag mit der Aufarbeitung aller Proben begonnen. Die Verfahren der Aufarbeitung sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.

2.3.1 Clostridium perfringens

Zum Nachweis von Clostridium perfringens wurden die sterilen Tupfer in jeweils 5 ml aufgekochte Thioglykolat-Lösung (E. Merck, Darmstadt, Art.Nr. 8190)

gegeben, dann sogleich mit Paraffin (E. Merck, Darmstadt, Art.Nr. 7163) überschichtet. Zur Anzüchtung von Clostridium perfringens wurde 48 Std. bei 37°C bebrütet. Bei Wachstum mit und ohne Gasbildung wurde auf 7.5 %ige Blutagarplatten und auf Clostridienselektivnährboden mit 7.5 %igem Blutzusatz (E. Merck, Darmstadt, Art.Nr. 5466) ausgestrichen. Die Platten wurden stets frisch hergestellt. Um ein einwandfreies anaerobes Milieu zu gewährleisten, wurden für die Bebrütung spezielle Anaerobier-Töpfe verwendet (Gas-Paktöpfe von BBL, Cockeysville, Canada). Daneben wurden bei starker Gasbildung eine Beweglichkeitsprüfung im "hängenden Tropfen" mit einem Hohlschliffobjektträger durchgeführt. Nach 48 Std. wurde bei Wachstum ein Gram-Präparat angefertigt. Große und plumpe grampositive Stäbchen ohne sichtbare Sporen deuteten auf Clostridium perfringens hin. Typisch für den Gasbranderreger war die deutliche Doppelzonenhämolyse auf Blutagar und graubraune Kolonien mit starkem Geruch auf Clostridiumagar.

Zur abschließenden Differenzierung wurden mit Reinkulturen industriell vorgefertigte sogenannte bunte Reihen (Api-20-Leisten von Api Labor System GmbH, Wiesbaden) angelegt. Nach 24 Std. Bebrütung im Gas-Paktopf erfolgte vorläufiges Ablesen der Leisten (ohne Öffnen des Topfes). Nach weiteren 48 Std. konnten die Api-Leisten dann endgültig abgelesen werden und die Identifizierung aus Übersichtstabellen erfolgen. Von den 21 biochemischen Reaktionen waren bei Clostridium perfringens die Gelatine-Verflüssigung, die Spaltung von Glukose, Lactose, Sacharose, Maltose und Mannit stets positiv. Negativ waren Indolbildung, Harnstoffhydrolyse, Esculinfluoreszenz, Katalase-Reaktion sowie die Spaltung von Mannose, Salicin, Glycerol, Kelecitose, Arabinose, Xylose, Cellobiose, Sorbitol, Rhammnose und Raffinose. Die Trehalose-Spaltung war variabel.

2.3.2 Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus wurde auf Rodac-Blut-Abdruckplatten (NUNC, Heidelberg), die einen Durchmesser von 6 cm hatten, angezüchtet. Bebrütet wurde 48 Std. bei 37°C. Als Staphylococcus aureus wurden nur koagulasepositive Micrococcaceae bezeichnet. Dazu wurde auf dem Objektträger mit Koagulase-Plasma koaguliert. (BAG Lich, Best. Nr. 3701). Gezählt wurden die positiven Befunde. Mehrere Staphylococcus aureus-Kolonien auf einer Abklatschplatte galten als ein positiver Befund. Zur Beurteilung der Hämolyse wurde der koagulasepositive Staphylococcus auf 7.5 %ige Blutplatten überimpft.

2.3.3 Gesamtkolonienzahl

Die Ermittlung der Gesamtkolonienzahl geschah durch Auszählen der auf Blutagar-Rodac-Platten gewachsenen Kolonien nach zweitägiger Bebrütung bei 37°C.

Mikroorganismen, die durch längere Bebrütungszeiten, andere Bebrütungstemperaturen oder sonstige andere Kulturbedingungen, zusätzlich hätten erfaßt werden können, wurden dabei ebensowenig berücksichtigt, wie die Tatsache, daß mit Abstrichen und Abdrücken stets nur ein Teil der an den untersuchten Flächen vorhandenen Keime erfaßt wird. Die geprüften Parameter dienten als Indikatoren für die relative Häufigkeit der mikrobiellen Kontamination der Flächen.

2.4 Statistische Methoden

Bei der Auswertung der Daten wurden in dieser Arbeit - außer der Berechnung einfacher Maßzahlen - der Vorzeichen- und der MANN-WHITNEY-WILCOXON-Test durchgeführt.

2.4.1 Vorzeichen-Test

Der Vorzeichen-Test wird hier für verbundene Stichproben angewandt. Für je zwei Daten (etwa Anzahl der Keime in einem Op-Saal um 7^{00}Uhr und 14^{00} Uhr) werden die Differenzen $x_1, x_2, \ldots, x_n$ gebildet. Die Nullhypothese lautet:

H_o: Der Median der Differenzen ist in der zugehörenden Grundgesamtheit gleich 0.

Als Prüfgröße wird die Anzahl der Differenzen bestimmt, die größer als 0 sind. Bei Gültigkeit der Nullhypothese ist die zugehörige Teststatistik B(n*,0.5) verteilt, wenn n* die Anzahl der Differenzen x_i ist, die ungleich 0 sind. Die Quantile der Teststatistik für α=0.05 und den - hier durchgeführten - zweiseitigen Test können Tabellen (etwa KOLLEGIUM BIOMATHEMATIK NW, 1976) entnommen werden. Ist die Prüfgröße größer als das 0.975 Quantil oder kleiner als das 0.025-Quantil, dann wird die Nullhypothese bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von α=0.05 verworfen.

2.4.2 MANN-WHITNEY-WILCOXON-Test

Der MANN-WHITNEY-WILCOXON-Test ist ein nichtparametrischer Test für zwei (unverbundene) Stichproben. Die Daten der ersten Stichprobe seien $x_1, x_2, \ldots, x_n$ und die Daten der zweiten Stichprobe seien $y_1, y_2, \ldots, y_m$. Die Nullhypothese lautet:

H_o: Der Median in der zu der ersten Stichprobe gehörenden Grundgesamtheit und der Median in der zu der zweiten Stichprobe gehörenden Grundgesamtheit sind gleich.

Die Daten beider Stichproben werden in einer Rangliste geordnet, sind mehrere Daten gleich, dann wird diesen die mittlere Rangzahl zugeordnet, die so erhaltenen Rangzahlen werden getrennt für jede der beiden Stichprobe

aufsummiert. Man erhält r_1 und r_2 und berechnet:

$$w_1 = r_1 - \frac{n(n+1)}{2} \quad \text{und} \quad w_2 = r_2 - \frac{m(m+1)}{2} .$$

Die Prüfgröße ist dann für den zweiseitigen Test

$$w = \min (w_1, w_2).$$

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit α=0.05 wird die Nullhypothese dann verworfen, wenn die Prüfgröße (siehe KOLLEGIUM BIOMATHEMATIK NW, 1976) kleiner als das zugehörige 0.025-Quantil ist.

Die Berechnungen erfolgten mit dem Programmsystem INSTAT (HULTSCH,1983)

3. Ergebnisse

In jedem der 10 für die Untersuchung ausgewählten Operationsräume wurden um 7^{00} Uhr, 11^{00} Uhr und 14^{00} Uhr an 30 festgelegten Stellen (siehe etwa Tab. 2) Proben entnommen. Für jede der insgesamt 900 Proben wurde durch Abstrich- und Abdruckuntersuchungen bestimmt:

- die Häufigkeit von Clostridium perfringens,
- die Häufigkeit von Staphylococcus aureus und
- die Gesamtanzahl an Keimen auf Rodac-Platten.

Die 10 Operationsräume sind mit den verschiedensten Belüftungssystemen ausgestattet, die Operationsräume a,b,c, d und e hatten keine Klimaanlage, die Operationsräume f,g,h,i und j hatten eine Klimaanlage, der Operationsraum j sogar zusätzlich eine moderne Reinraumkabine.

Die ausführlichen Ergebnisse sind für die Operationsräume i (HNO-Op.) und j (Chirurgischer Op.) in den Tabellen 2 und 3 aufgeführt. Auf eine genaue Auflistung der Einzelergebnisse der anderen Operationsräume wird hier verzichtet.

3.1 Häufigkeit von Clostridium perfringens

Clostridium perfringens konnte bei 900 Abstrichen insgesamt 24 mal nachgewiesen werden.

Häufigste Lokalisationen waren dabei der Fußboden, wo er 11 mal nachgewiesen werden konnte, daneben der Trommel-

Nr.	Entnahmeort	Clostridium perfringens 7^{00}	10^{30}	14^{00}	Staph. aureus 7^{00}	10^{30}	14^{00}	Kolonienzahl auf Rodac-Pl. 7^{00}	10^{30}	14^{00}
1	Fenster re									
2	Fensterbank									3
3	Heizung re									
4	Fenster li									
5	Fensterbank li			1		1	1	4	10	8
6	Heizung li					1			4	
7	KA Zuluft re									
8	KA Zuluft li					1			4	
9	KA Abzug			1				1	1	
10	OP.-Tisch		1			1	1	4	11	34
11	OP.-Lampe					1	1	5	41	10
12	OP.-Hocker				1	1	1	11	40	32
13	OP.-Stuhl								6	67
14	Rö. Betrachter									
15	Mikroskop							32	67	20
16	Absauggerät							17	39	19
17	EKG-Monitor					1		4	63	1
18	Cauter							10	14	1
19	Eimer					1			26	2
20	Schrank				1	1		5	8	12
21	Trommelst. re					1		10	10	13
22	Trommelst. li		1			1	1		1	12
23	Abstelltisch				1	1		12	30	6
24	Tritt	1							9	2
25	Regal							11	34	25
26	Fußboden					1		8	26	16
27	Fußboden	1					1	4	49	31
28	Fußboden	1				1		1	32	37
29	Fußboden	1				1		1	89	15
30	Fußboden					1			18	48

Tab. 2: Lokalisation der Keime im HNO-Operationssaal i Klima- (KA=Klimaanlage, li=links, re=rechts)

Nr.	Entnahmeort	Clostridium perfringens			Staph. aureus			Kolonienzahl auf Rodac-Pl.		
		7^{00}	10^{30}	14^{00}	7^{00}	10^{30}	14^{00}	7^{00}	10^{30}	14^{00}
1	Zuluft RA re									
2	Zuluft RA li									
3	Abzug RA re									
4	Abzug RA li									
5	Zuluft KA re							1		
6	Zuluft KA li									1
7	Abzug KA re					1			13	
8	Abzug KA li								9	1
9	Op.-Tisch Auflage								4	16
10	Op.-Tisch Sockel					1			5	19
11	Op.-Lampe						1			2
12	Anäesthesie-Gerät						1		1	3
13	Ambo-Beutel								1	3
14	Fußböden								3	2
15	Fußboden					1			1	4
16	Fußboden								1	16
17	Fußboden								4	2
18	Fußboden		1				1		4	18
19	Fußboden						1		5	26
20	EKG Monitor									11
21	Ablage									11
22	Ablage									3
23	Trommelständer					1			4	6
24	Trommelständer						1		1	14
25	Glasschrank									7
26	Schrank								3	3
27	Fenster									14
28	Op.-Hocker			1			1		103	51
29	Ablage								1	70
30	Trommelständer						1		2	7

Tab. 3: Lokalisation der Keime im Chirurgischen Operationssaal
(Ra=Reinraumanlage, KA= Klimaanlage, li=links, re=rechts)

Operationsraum	7^{00} Uhr	10^{30} Uhr	14^{00} Uhr
a Gynäkolog. Op. ohne Klimaanlage	0	2	0
b Gynäkolog. Op. ohne Klimaanlage	0	0	0
c Chirurgischer Op. mit Lüftomatik	1	1	2
d Gynäkolog. Op. mit Lüftomatik	1	0	1
e Chirurgischer Op. mit Kleinklimagerät	1	1	2
f Chirurgischer Op. mit Klimaanlage	0	0	0
g Chirurgischer Op. mit Klimaanlage	0	0	1
h Gynäkolog. Op. mit Klimaanlage	0	0	1
i HNO-Op. mit Klimaanlage	4	2	2
j Chirurgischer Op. mit Reinraumkabine	0	1	1

Tab. 4: Häufigkeit von Clostridium perfringens in den verschiedenen Operationsräumen zu den verschiedenen Untersuchungszeiten

ständer (3 mal), Fenster und Fensterbänke (3 mal), OP-Tisch (2 mal), OP-Hocker (1 mal), Waschbecken (1 mal), Tritt (1 mal), Uhr (1 mal) und Abzug der Klimaanlage (1 mal).

Da mit den Abstrichen nur ein kleiner Teil der Gesamtoberfläche erfaßt wurde, ist mit entsprechend größeren Häufigkeiten von Clostridium perfringens zu rechnen. Eine Abhängigkeit der Häufigkeit des Vorkommens von Clostridium perfringens vom Vorhandensein von Klimaanlagen konnte nicht festgestellt werden.

Auffällig hoch war die Anzahl der Isolate von Clostridium perfringens in dem HNO-Operationsraum i. Bereits vor Operationsbeginn fand er sich insgesamt 4 mal: am Fußboden (3 mal) und am Tritt (1 mal). Um 11^{00} Uhr und um 14^{00} Uhr wurde er jeweils zweimal nachgewiesen. Ein Hinweis auf einen technischen Defekt der Klimaanlage ergab sich bei einer daraufhin durchgeführten technischen Kontrolle der Klimaanlage jedoch nicht.

3.2 Häufigkeit von Staphylococcus aureus

Koagulasepositive Staphylococcus aureus konnten bei den Proben insgesamt 229 mal nachgewiesen werden. Dabei boten sich in Operationsräumen mit und ohne Klimaanlagen ähnliche Bilder.

Wie die Tabelle 5 zeigt, fanden sich die niedrigsten Häufigkeiten von Staphylococcus aureus in dem chirurgischen Knochen-Operationsraum j mit Reinraumkabine. Doch dann folgen schon die beiden Operationsräume c und d, die keine Klimaanlage besitzen.

In allen Fällen stiegen die gefundenen Keimanzahlen im Laufe des Vormittags, also während der Operationsprogramme, an. Zur Überprüfung der Hypothese wurden Vorzeichentests durchgeführt:

(a) Der Anstieg der Keimanzahlen von Staphylococcus aureus vor Beginn der Operationen (7^{00} Uhr) gegenüber dem Zeitpunkt 10^{30} Uhr ist signifikant: Die Prüfgröße ist 9 und der Schrankenwert ist 8 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0.05$.

(b) Der Anstieg der Keimzahlen von 7^{00} Uhr bis 14^{00} Uhr ist ebenfalls signifikant: Die Prüfgröße ist 9 und der Schrankenwert ist 7 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0.05$.

Operationsraum	7^{00} Uhr	10^{30} Uhr	14^{00} Uhr
a Gynäkolog. Op. ohne Klimaanlage	0	2	0
b Gynäkolog. Op. ohne Klimaanlage	0	0	0
c Chirurgischer Op. mit Lüftomatik	1	1	2
d Gynäkolog. Op. mit Lüftomatik	1	0	1
e Chirurgischer Op. mit Kleinklimagerät	1	1	2
f Chirurgischer Op. mit Klimaanlage	0	0	0
g Chirurgischer Op. mit Klimaanlage	0	0	1
h Gynäkolog. Op. mit Klimaanlage	0	0	1
i HNO-Op. mit Klimaanlage	4	2	2
j Chirurgischer Op. mit Reinraumkabine	0	1	1

Tab. 4: Häufigkeit von Clostridium perfringens in den verschiedenen Operationsräumen zu den verschiedenen Untersuchungszeiten

ständer (3 mal), Fenster und Fensterbänke (3 mal), OP-Tisch (2 mal), OP-Hocker (1 mal), Waschbecken (1 mal), Tritt (1 mal), Uhr (1 mal) und Abzug der Klimaanlage (1 mal).

Da mit den Abstrichen nur ein kleiner Teil der Gesamtoberfläche erfaßt wurde, ist mit entsprechend größeren Häufigkeiten von Clostridium perfringens zu rechnen. Eine Abhängigkeit der Häufigkeit des Vorkommens von Clostridium perfringens vom Vorhandensein von Klimaanlagen konnte nicht festgestellt werden.

Die Verteilung der Keime in den untersuchten Räumen war sehr gleichmäßig. Es erfolgte demnach eine intensive Durchmischung der Luft sowohl in klimatisierten als auch in den nichtklimatisierten Operationsräumen.

3.3 Gesamtkeimzahl

Eine ähnliche Verteilung wie bei Staphylococcus aureus zeigte sich bei den Gesamtkeimzahlen (siehe Tab. 6).

Operationsraum	7^{00} Uhr	10^{30} Uhr	14^{00} Uhr
a Gynäkolog. Op. ohne Klimaanlage	72	394	735
b Gynäkolog. Op. ohne Klimaanlage	176	443	654
c Chirurgischer Op. mit Lüftomatik	89	414	366
d Gynäkolog. Op. mit Lüftomatik	93	250	268
e Chirurgischer Op. mit Kleinklimagerät	145	329	513
f Chirurgischer Op. mit Klimaanlage	466	631	719
g Chirurgischer Op. mit Klimaanlage	15	155	460
h Gynäkolog. Op. mit Klimaanlage	322	434	252
i HNO-Op. mit Klimaanlage	140	632	414
j Chirurgischer Op. mit Reinraumkabine	1	165	312

Tab. 6: Gesamtkeimzahl in den verschiedenen Operationsräumen zu den verschiedenen Untersuchungszeiten

Insgesamt wurden bei den 900 Proben 9 959 Kolonien gezählt. In allen Fällen stiegen die Gesamtkeimzahlen im Laufe des Vormittags, also während der Operationsprogramme an (eine gewisse Ausnahme bildet nur der Gynäkologische Operationsraum h). Zur Überprüfung der Hypothese wurden ebenfalls Vorzeichentests durchgeführt:

(a) Der Anstieg der Gesamtkeimzahl von 7^{00} Uhr bis 10^{30} Uhr ist signifikant: Die Prüfgröße ist 10 und der Schrankenwert ist 8 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von α=0.05.

(b) Der Anstieg der Gesamtkeimzahl von 7^{00} Uhr bis 14^{30} Uhr ist ebenfalls signifikant: Die Prüfgröße ist 9 und der Schrankenwert ist ebenfalls 8 bei gleicher Irrtumswahrscheinlichkeit.

(c) Der Anstieg der Gesamtkeimzahl von 10^{30} Uhr bis 14^{00} Uhr ist nicht signifikant. Die Prüfgröße ist 7 und die Quantile sind 2 bzw. 8 bei gleicher Irrtumswahrscheinlichkeit.

Das Verhältnis der Gesamtkeimzahl in den klimatisierten Räumen zu der Gesamtkeimzahl in nichtklimatisierten Operationsräumen ist 5 018 : 4 941. In Operationsräumen mit Klimaanlagen ist die durchschnittliche Keimanzahl also leicht erhöht gegenüber Operatiosräumen ohne Klimaanlage. Die Unterschiede sind aber so gering, daß sie ebenfalls weder repräsentativ noch für praktische Konsequenzen wichtig sein dürften. Erwartungsgemäß ergab auch hier der dann durchgeführte Mann-Whitney-Wilcoxon-Test keine signifikanten Unterschiede.

In dem Operationsraum mit Laminar Airflow Anlage wurde vor Operationsbeginn nur eine Kolonie nachgewiesen. Nach 3 1/2 Stunden Op.-Tätigkeit gab es aber auch hier einen erheblichen Anstieg der Gesamtkeimzahl auf 165 Kolonien und nach weitern 3 1/2 Stunden Tätigkeit auf 312 Kolonien, eine Gesamtanzahl, die zu diesem Zeitpunkt nur von den Operationsräumen d und h unterstritten wird.

3.4 Ergebnisse in den Operationsräumen g und j

Die günstigsten Ergebnisse wurden offenbar im Chirurgischen Knochenoperationsraum (j) mit zusätzlicher Laminar-Airflow-Anlage erzielt (siehe Tab.7): Vor Operationsbeginn ließ sich insgesamt nur ein Keim nachweisen, Clostridium perfringens und Staphylococcus waren zunächst nicht nachweisbar. Im Laufe des Vormittags stiegen zwar die Keimzahlen an, dieser Anstieg war insgesamt aber deutlich geringer als bei den übrigen Operationsräumen. In dem Chirurgischen Operationsraum (g) mit Klimaanlage des gleichen Krankenhauses lag die Gesamtkeimzahl frühmorgens auch nur bei 15, Staphylococcus aureus und Clostridium perfringens wurden nicht nachgewiesen. Der Anstieg der Keimzahlen während des Vormittags ist mit dem des Operationsraumes j vergleichbar.

Die Sprüh- und Wischdesinfektion wird in diesem Krankenhaus sehr gründlich und laufend durchgeführt.

Operationsraum g	7^{00} Uhr	10^{30} Uhr	14^{00} Uhr
Clostridium perfringens	0	0	1
Staphylococcus aureus	0	6	14
Gesamtkeimzahl	15	155	460

Operationsraum j	7^{00} Uhr	10^{30} Uhr	14^{00} Uhr
Clostridium perfringens	0	1	1
Staphylococcus aureus	0	4	7
Gesamtkeimzahl	1	165	312

Tab. 7: Häufigkeiten der Keime in den Operationsräumen g und j

OP	Filter	Clostridium perfringens 7^{00}	10^{30}	14^{00}	Staph. aureus 7^{00}	10^{30}	14^{00}	Gesamtkeimzahl 7^{00}	10^{30}	14^{00}
e	Kunststoffiltermatte 50 mm	1	1	2	7	5	11	145	329	513
f	B_1, S, zusätzlich Elektrofilter, Kl. S	0	0	0	3	18	10	466	631	719
g	B_1, C, S	0	0	1	0	6	14	15	155	460
h	B_1, C, S	0	0	1	9	12	9	322	434	252
i	2 x B_1 2 x S	4	2	2	3	17	7	140	632	414
j	S	0	1	1	0	4	7	1	165	312

Tab. 8: Keimzahlen in Abhängigkeit von der Luftfilterung

3.5 Abhängigkeit von Luftfilterung und Luftwechselrate

Wie aus der Tabelle 8 ersichtlich ist, liefern die Operationsräume mit Klimaanlagen mit Schwebstoff-Filtern keine besseren Resultate als z.B. derjenige Operationsraum, dessen Klimaanlage nur mit einer primitiven Filtermatte ausgerüstet ist. Die günstigsten Ergebnisse sieht man auch hier bei Operationsraum j mit Reinraumkabine.

Außer von der Qualität der verwendeten Filter können die Keimzahlen von der Luftwechselrate abhängen. Bei den hier vorliegenden Untersuchungen (siehe Tab. 9) hatte ebenfalls der Operationsraum j die höchste Luftwechselrate (600 fach). Zwischen 15 und 20-fachem Luftwechsel bestanden keine Unterschiede.

Operationsraum	g	h	i	j
Luftwechselrate	15fach	15fach	20fach	600fach
Gesamtluftstrom	2600m^3/h	2600m^3/h	6900m^3/h	19500m^3/h
Clostridium perfringens				
7^{00}	0	0	4	0
10^{30}	0	0	2	1
14^{00}	1	1	2	1
Staph.aureus				
7^{00}	0	9	3	0
10^{30}	6	12	17	4
14^{00}	14	9	7	7
Gesamtkeim-zahl				
7^{00}	15	322	140	1
10^{30}	155	434	632	165
14^{00}	460	252	414	312

Tab. 9: Die Abhängigkeit von Clostridium perfringens, Staphylococcus aureus und Gesamtkeimzahl von der Luftwechselrate

4. Diskussion

Wie einleitend dargelegt wurde, fordert die DIN 1946 Vorschrift für Operationsräume Klimaanlagen unter anderem zur Reduktion der Luftkeime und damit letztlich zur Verhütung von Wundinfektionen.

Nach hier vorgelegten bakteriologischen Ergebnissen von den Operationsräumen mit Klimaanlage im Vergleich zu denen ohne Klimaanlage haben sich die Erwartungen hinsichtlich der Verminderung der mikrobiellen Kontamination der Flächen nicht erfüllt. Es traten keine deutlichen Unterschiede in der Zahl von Clostridium perfringens, Staphylococcus aureus und Gesamtkeimzahl in Abhängigkeit von der Klimaanlage auf.

In allen Operationsräumen wurde ein Ansteigen der Keime während des Operationsbetriebes beobachtet. So stieg die Gesamtkeimzahl von 72 bis 176 vor Operationsbeginn auf 268 bis 735 Keime nach Operationsschluß in unklimatisierten Räumen, in Operationsräumen mit Klimaanlage von 15 bis 466 auf 252 bis 719 Keime an.

Beim Vergleich der Keimzahlen in Abhängigkeit von der Art der Luftfilterung zeigten sich keine Hinweise auf eine signifikante Besserung durch die Anwendung von Feinstfiltern und Hochleistungsschwebstoff-Filtern.

In den USA, in England und Skandinavien werden zur Filterung der zugeführten Frischluft Filter der Güteklasse C als ausreichend angesehen. Solche Filter erfordern eine ganz erheblich geringere Leistung der Ventilatoren. Da bisher trotz langjähriger Anwendung keine Nachteile durch die geringere Filterleistung bekannt geworden sind, wäre

zu überlegen, ob Filter mit einer Abscheidungsleistung von 95 % der Partikel ab 5 µ Größe in unseren Operationsräumen ausreichend sind.

Die DIN 1946, Teil 4, sieht für Operationsräume einen 20-fachen Luftwechsel vor. Zur Erzielung einer ausreichenden Keimeliminierung werden also sehr hohe Luftwechselzahlen gefordert. Die Abhängigkeit der Luftkeimzahlen von der Luftwechselrate wurde von RUSSENBERGER (1973) untersucht: In einer Klimakammer bewirkte die Erhöhung der Luftwechselzahl von 0.3 mal, 0.5 mal, 10 mal, 20 mal und 25 mal pro Stunde eine stufenweise Reduktion des Luftkeimgehaltes von 263, 218, 92, 74 und 55 Keime/cbm. Nach einer Feststellung von GALSON und GODDARD (1968) verhält sich die Abnahme des Luftkeimpegels nicht proportional zu einem steigenden Luftwechsel. Die Ursache dafür ist eine stärkere Aufwirbelung von Keimen durch erhöhte Luftgeschwindigkeit.

Eine Besserung der bakteriologischen Ergebnisse durch Erhöhung der Luftwechselrate von 15 auf 20-fach ließ sich nicht bestätigen. Der Operationsraum j mit Laminar-Air-flow-Anlage und einer 600-fachen Luftwechselrate zeigte jedoch hier wie bei allen Vergleichen die besten Ergebnisse. Wie Tab. 2 und Tab. 3 zeigen, fanden sich bei unseren Untersuchungen vor Operationsbeginn nur eine Kolonie auf den Abdruckplatten, kein Clostridium perfingens- und kein Staphylococcus aureus-Nachweis bei 30 Untersuchungen. Während des Operationsbetriebes stieg die Gesamtkeimzahl jedoch von 1 auf zunächst 165 und dann auf 312, Staphylococcus aureus von 0 auf 4 auf 7, Clostridium perfringens von 0 auf 1 auf 1 am Mittag an.

Die Lokalisation der Keime zeigt, daß die Zuluft bis zum Patienten hin keimfrei ist, dann aber im Bereich der Operationstätigkeit (Op.-Tisch, Op.-Hocker, Ablage, Anästhesiegerät) ansteigt. Es ist anzunehmen, daß die

Keime von den anwesenden Personen stammen und während der Operationstätigkeit nicht ausreichend eliminiert werden können.

In der Medizin wurden Laminar-Airflow-Anlagen eingeführt, um Raumluft frei von Bakterien zu halten, ungeachtet der Personen und ungeachtet der Tätigkeiten, die in diesen Räumen ausgeführt werden. Der Orthopäde CHARNLEY, der 1958 als erster in einer Laminar-Flow-Box Hüftgelenkstransplantationen durchführte, erklärte bereit 1970, Laminar-Flow sei nicht mehr aktuell. Dies wurde nicht nur mit der mangelnden Fernhaltung der Keime von der Operationswunde begründet. Ein weiterer Grund dafür war die hohe Austrocknung des Gewebes als Folge der hohen Luftwechselzahlen. Diese führten im Endergebnis sogar vermehrt zu Wundheilungsstörungen.

BOTZENHART und RÜDEN (1973) erhielten bei Messung der Keimzahlen in Behandlungs- und Operationsräumen stets Werte über 100 pro m^3 Luft, in Einzelfällen sogar Werte über 1000 pro m^3 Luft. Nach Beendigung der Operationen und Entfernung der beteiligten Personen sanken die Luftkeimzahlen deutlich ab. Selbst bei ruhendem Operationsbetrieb und geschlossenen Türen waren die Klimaanlagen auch hier nicht in der Lage, Keimzahlen unter 70 pro m^3 Luft zu bewirken.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch RUSSENBERGER (1972), der Luftkeimzahlbestimmungen vor, während und nach Operation in einem natürlich belüfteten Operationssaal, in einem mechanisch belüfteten Operationsraum und in einer Operationsbox mit Laminar-Flow-System mit 600-fachem stündlichen Luftwechsel durchführte. Auch hier ergab sich ein 3 bis 4-faches Ansteigen der Keime während des Operationsbetriebes sowohl in klimatisierten wie in nicht klimatisierten Operationsräumen. In der Operationsbox

mit Laminar-Flow wurde zunächst kein Keim gefunden, während der Operationen lediglich 0 bis 2 Keime pro m^3 Luft.

Nach der DIN 1946 Vorschrift werden hohe Anforderungen an Klimaanlagen in Operationsräumen gestellt, um Wundinfektionen zu verhüten. MÜLLER (1977) nimmt an, daß über 80 % der postoperativen Wundinfektionen bereits im Operationssaal entstehen. Bei bakteriologischen Untersuchungen aseptischer Operationswunden - durchgeführt von SANDER (1982) - ergaben sich bei verschiedenen Untersuchungen Wundkontaminationsraten zwischen 20 und 50 %. Diese Zahlen wurden auch in Laminar-Airflow-Anlagen, die sterile Luft im Operationsgebiet herstellen sollen, ermittelt.

Der Einfluß von Luftkeimen auf die Häufigkeit und Schwere der Wundinfektionen wird in der Literatur sehr unterschiedlich beantwortet. Neben zahlreichen Publikationen, die eine Beziehung zwischen dem Grad der bakteriellen Luftverunreinigung und der Häufigkeit von Wundinfektionen nachgewiesen zu haben glauben, liegen zahlreiche andere Analysen vor, die einen Zusammenhang bestreiten.

So ist nach BOTZENHART und RÜDEN (1973) die mikrobielle Besiedlung der Wunde unter der Operation von der mikrobiellen Reinheit der Luft abhängig. CORIELL (1971) schätzt, daß 25 % aller Infektionen bei Frischoperierten aerogen verursacht sind. Auch er mißt Luftkeimen diesbezüglich eine große Bedeutung bei.

Andererseits hat WHITCOMB (1971) nach über 3400 Operationen in einem Laminar-Airflow-System eine Infektionsrate von 0.79 % gegenüber von 0.93 % und 1.14 % in zwei konventionell belüfteten Räumen (bei insgesamt 8300 Operationen) nachgewiesen. Diese Unterschiede sind gering.

Auch WANNER (1974) stellte nur geringe Unterschiede in der Häufigkeit postoperativer Wundinfektionen bei Operationsräumen mit konventioneller und Laminar-Airflow-Anlage fest.

LIDWELL und TOWERS (1972) beobachteten die Häufigkeit von Infektionen auf Isolierstationen mit und ohne Laminar-Airflow-Anlagen. Trotz weit niedrigeren Luftkeimzahlen im Laminar-Airflow-Raum ergaben sich damals nahezu keine Unterschiede in den Infektionsraten.

Durch weitere ausführlichere Untersuchungen konnten LIDWELL und Mitarbeiter (1982) allerdings zeigen, daß die Einhaltung von Ultrareinraumbedingungen während aseptischer Gelenkersatzoperationen das Infektionsrisiko gegenüber Operationen bei konventioneller Klimatisierung um etwa den Faktor 2.6 (von 1.5 auf 0.6 %) reduzierte. Wurden darüber hinaus von den Operateuren besondere Operationsanzüge mit direkter Luftabsaugung getragen, so verminderte sich das Infektionsrisiko gegenüber Operationssälen mit konventioneller Belüftung um den Faktor 4. Diese bei über 8000 Operationen gefundenen Ergebnisse zeigen, daß zumindest bei aspetischen Operationen eine Verbesserung des Operationserfolges durch besondere Lüftungstechniken erzielt werden kann. Die gleiche Arbeitsgruppe (1983) zeigte aber außerdem, daß eine signifikante Verminderung des Operationsrisikos mit konventionellen Klimaanlagen nicht erreicht werden kann: Konventionelle Klimaanlagen reduzieren die Anzahl der Luftkeime nicht in ausreichendem Maße.

Amerikanische Richtlinien (1974) fordern, daß der Keimgehalt zwischen 35 und 70 Keimen pro m^3 Luft bei Operationen mit infektionsgefährdeten Patienten betragen soll. Nach Untersuchungen von GALSON und GODDARD (1968) lag bei diesen Konzentrationen die postoperative Infektionsrate bei 0.35 %, ein Wert, der als sehr niedrig anzusehen ist.

Außenluftkeime gelangen bei intakter Klimaanlage nur in geringer Zahl in den Operationsraum. Falls sie dennoch nachzuweisen sind, haben sie in der Regel nur geringe Bedeutung als Krankheitserreger. Dementsprechend ist das Risiko einer postoperativen Wundinfektion durch Außenluftkeime als gering anzusehen. Klimaanlagen mit geeigneter Luftführung und ausreichendem Luftwechsel sollten insbesondere die von den anwesenden Personen stammenden Keime eliminieren.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß es in unbenutzten Operationsräumen mit konventionellen Klimaanlagen leicht gelingt, den Keimpegel sehr niedrig zu halten. Wird ein nach DIN 1946 klimatisierter Operationsraum jedoch betreten, so steigen mit zunehmender Personenzahl und zunehmender Aktivität die Gesamtkeimzahl, die Zahl der Staphylococcus aureus und die Zahl der Closteridium perfringens an. Auch der Operationsraum j mit zusätzlicher Laminar-Airflow-Anlage, von der ein vermehrter Spüleffekt zu erwarten war, zeigte dies eindrucksvoll. Hier lag die Zahl der anwesenden Personen besonders hoch. Neben Patient, Operateur, Assistenten, Schwestern, Hilfspersonal, Anästhesist und Anästhesiepfleger waren häufig noch Studenten und Schwesternschülerinnen zugegen. Das Vorhandensein von 10 bis 12 Personen war durchaus keine Seltenheit.

Die unbefriedigenden bakteriologischen Ergebnisse werden verständlich, wenn man den Menschen als größte Streuquelle für Mikororganismen ansieht. Keime dringen nicht nur durch die Atemmasken nach außen, sondern auch von der Körperoberfläche her durch die Operationskleidung. Die durch die Klimatisierung verursachten Luftbewegungen sorgen dafür, daß die freigesetzten Keime im Operationssaal herumwirbeln und dabei auch in die aseptische Wunde fallen können.

Nach DUGUID und WALLACE (1948) streut der Mensch in steriler Operationskleidung 1500 bis 5000 Keime pro Minute durch die Atemmaske und durch die Operationskleidung hindurch.

WANNER (1972) erläutert die Keimausstreuung anhand einer fünfjährigen Überwachungsstudie in 5 Krankenhäusern mit 2000 Betten. Die jährlichen Infektionsraten lagen zwischen 0.03 % und 1.9 %. Die Analyse ergab, daß bei Anwesenheit von mehr als 7 Personen im Operationsraum die Infektionsraten um ca. das 5-fache erhöht waren; nahezu eine Verdoppelung der Infektionsraten trat bei den Operationen auf, die länger als 4 Stunden dauerten.

Die Bewegungen der Personen und Geräte im Operationsraum rufen erhebliche Partikelbewegungen, darunter auch Keimbewegungen hervor. Wir beobachteten lebhaftes Hin- und Hergehen von Personen, sowie das Verlassen des Raumes und damit häufiges Türöffnen. Bei einer Reihe von Operationen waren Röntgenkontrollen notwendig und die entsprechenden Geräte wurden während des Operationsbetriebes hinein- und heraustransportiert. AUSTIN (1974) untersuchte die Teilchenerzeugung durch verschiedene Tätigkeiten pro Minute: So erzeugt eine stehende Person 100000 Teilchen pro Minute; langsames Gehen (ca 3.5 km/h) erzeugt schon 500000 Teilchen pro Minute. Wieviele Teilchen mögen beim Transport des Röntgengerätes durch Raum gewirbelt sein?

Diszipliniertes oder auch undiszipliniertes Verhalten spielt sicher eine große Rolle für den Keimpegel im Operationsraum. Eine Untersuchung über den Zusammenhang von Disziplin und Keimemission pro Minute wurde von BOEHLEN (1976) durchgeführt:

5000 Keime/Min. bei sehr guter Disziplin,
10000 Keime/Min. bei normaler Disziplin,
50000 Keime/Min. bei schlechter Disziplin.

Auf die Verhältnisse im Operationsraum übertragen bedeutet das: Wird während der Operation viel gesprochen oder gelacht, werden unkontrollierte und unnötige Bewegungen gemacht, dann können sich die Keimanzahlen erheblich erhöhen.

Es wurde beobachet, daß Anwesende nicht entsprechend gekleidet waren. Anästhesisten begnügten sich in der Regel mit einem Mundschutz; auf Operationskittel und Operationshandschuhe wurde häufig verzichtet.

Auch die Art und Dauer der Operation sowie die Größe des Eingriffs beeinflussen das Ansteigen des Keimpegels während des Operationsbetriebes. Turbulenzen entstehen bei Knochenoperationen eher als z.B. bei Gefäßoperationen. Durch Schleifen, Bohren oder Sägen werden Keime besonders umhergewirbelt.

Bauliche und organisatorische Mängel kommen hinzu. Es wurde beobachtet, daß Patientenbetten durch weitgeöffnete Türen in die Operationsräume geschoben wurden. So konnte der für den aseptischen Bereich wichtige Überdruck nicht eingehalten werden. Die Umlagerung des Patienten auf den Operationstisch erfolgte erst unmittelbar vor dem Operationsraum. Im Vorraum lagen häufig Patienten aus septischen und aseptischen Operationsräumen nebeneinander. In einem anderen chirurgischen Operationsraum wurde auf 2 Operationstischen gleichzeitig operiert. Durch solche baulichen Gegebenheiten könnten die Keime von den Stationen bis in den Operationsraum transportiert werden.

Aufwendige kostenintensive Klimaanlagen werden nach DIN 1946, Blatt 4, für Operationsräume als unentbehrlich angesehen u.a. zur hygienischen Infektionsprophylaxe. Ein keimausspülender Effekt kann von Klimaanlagen - wie bereits dargelegt - nur in begrenztem Maße erreicht werden. Sie alleine sind also nicht in der Lage, den Keim-

pegel soweit zu senken, daß eine Verminderung des Infektionsrisikos beweisbar würde. Deshalb müssen die Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen in Operationsräumen noch einmal neu definiert werden. Bei aseptischen Eingriffen mit hohem Infektionsrisiko, wie z.B. Gelenk- oder Gefäßoperationen können lüftungstechnische Maßnahmen besonders Laminar-Airflow-Anlagen eine Verminderung der Infektionsquoten bewirken. Auch aus arbeitsmedizinischer Sicht haben Klimaanlagen in Operationsräumen sicher ihre Berechtigung.

Klimaanlagen, die nach der Z.Zt. gültigen DIN-Norm 1946 gebaut werden, verschlingen einen großen Teil der Mittel, die zur Bekämpfung des Hospitalismus insgesamt aufgewandt werden. Bevor man aufwendige Klimaanlagen für Operationsräume fordert, sollte man Differenzierungen vornehmen und auch alle anderen Maßnahmen zur Verminderung des Infektionsrisikos ausnutzen, wie beispielsweise

- personelle Maßnahmen:
  - Organisation und Schulung des Personals,
  - Überwachung der hygienischen Maßnahmen und
  - Beschränkung der anwesenden Personen im Operationsraum auf ein Minimum.
- hygienische Maßnahmen:
  - wirksame Hände-, Scheuer- und Wischdesinfektion,
  - Einschleusen von Personal, Patient und Geräten in den Operationstrakt und
  - Vorbereitung aller Geräte und Apparate vor Operationsbeginn.
- geeignete Operationstechnik etc.

Wenn Krankenhausverwaltungen die hohen Investitionskosten für Klimaanlagen in Operationssälen auf sich nehmen, sollten sie sich vergewissern, daß auch alle anderen Möglichkeiten zur Vermeidung von Wundinfektionen ausgeschöpft worden sind.

5. Zusammenfassung

Durch DIN 1946, Blatt 4, werden raumlufttechnische Anlagen in Operationsräumen generell als unentbehrlich angesehen. Um Wundinfektionen zu verhüten, werden besonders hohe bauliche, personelle und damit finanzielle Anforderungen an sie gestellt; Richtwerte über den Keimgehalt in der Raumluft werden aber nicht genannt.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Berechtigung solcher Forderungen in einem Teilaspekt zu überprüfen. In 10 Operationsräumen mit den verschiedensten Belüftungssystemen wurden insgesamt 900 Proben entnommen, mit deren Hilfe die mikrobiellen Kontamination der Flächen geprüft wurde.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind:

1. Es besteht in Operationssälen, die mit unterschiedlichen raumluftechnischen Anlagen versehen sind, kein signifikanter Unterschied in der Zahl der untersuchten Keime: Clostridium perfringens, Staphylococcus aureus und Gesamtkeimzahl.

2. Auch in Operationsräumen ohne Klimaanlage zeigte sich gegenüber konventionell nach DIN 1946 belüfteten Räumen keine erhöhte mikrobielle Flächenkontamination.

3. In jedem Fall nahmen im Verlauf der Operationen die Keimzahlen auf den Flächen zu.

4. Durch Klimaanlagen können Keime, die vom Personal oder vom Patienten in den Raum abgegeben werden und zur Kontamination der Flächen führen, nur in geringem Maße reduziert werden.

Konventionelle Klimaanlagen in Operationsräumen allein sind nicht in der Lage, postoperative Wundinfektionen zu

verhindern. Neben zusätzlichen baulichen und lufttechnischen Vorkehrungen sind deshalb andere Maßnahmen, z.B. regelmäßige Schulung des Personals und gute Organisation mindestens ebenso bedeutungsvoll, wenn nicht wichtiger. Die vollständige Berechtigung der DIN-Norm 1946 in der zur Zeit vorliegenden Form wird in Zweifel gezogen.

6. Literaturverzeichnis

1 AUSTIN,P.R., TIMMERMANN,S.W.: Design and operation of clean rooms.
Detroit 1969 (zit. n. Weidmann)

2 AYLIFFE,G.A.J., BOWBURY,E.J.L.: Airborne infection in hospital.
J. Hosp. Infect. 3, 217-240 (1982)

3 BLOWERS,R. WALLACE,K.R.: Ventilation of operating rooms, bacteriological investigations.
Am. J. Publ. Health 50, 484-490 (1960)

4 BOEHLEN,B.: Keimemission von OP-Personal.
Vortrag auf der HILSA Tagung, 1972.
(zit. n. Weidmann)

5 BOTZENHART,K. RÜDEN,H.: Zur Beurteilung von Klimaanlagen im Krankenhaus.
Öff. Gesundh.-Wes. 35, 141-150 (1973)

6 BOTZENHART,K. SATTEL,W.: Luftkeime und Infektionsverhütung in Operations- und Behandlungsräumen mit hohen Reinheitsansprüchen.
Krankenhaus 2, 55-60 (1972)

7 CHARNLEY,J. EFTEKHAR,N.: Postoperative infection in total prosthetic replacement arthroplasty of the hip-joint.
Brit. J. Surg. 56, 641-649 (1969)

8 CHARNLEY,J.: Operating-theatre ventilation (letter to the editor).
Lancet, 1053 (1970)

9 CORIELL,L.L.: Use of laminar flow in surgery.
In: AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION (ed.): Proceedings of the international conference of nosocomial infections.
Chicago 1971

10 DUGUID,J.P., WALLACE,A.T.: Air infections with dust liberated from clothing.
Lancet, 845-849 (1948)

11 ESDORN,H.: Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern - Gefahrenquelle oder Mittel zur Erfüllung hygienischer Anforderungen.
Gesundh.-Ing. 98, 153-159 (1977)

12 DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern.
DIN 1946, Teil 4, 1-10 (1978).
Beuth Verlag GmbH, Berlin 1978

13 GALSON,E., GODDARD,K.R.: Hospital air conditioning and sepsis control.
ASHRAE J. 10, 33-41 (1968)

14 GUNDERMANN,K.O.: Vor- und Nachteile der Klimaanlagen.
Zbl. Bakt. Hyg. I, Orig. B. 159, 269-279 (1974)

15 HULTSCH,E.: INSTAT-Programmbeschreibung. Interaktives Programmsystem für statistische Berechnungen.
Institut für Medizinische Informatik und Biomathematik, Münster (1983)

16 KANZ,E.: Maßnahmen zur Infektionsverhütung im Operationssaal.
Chirurg 40, 392-398 (1969)

17 KANZ,E.: Der Hygienestatus in seiner Bedeutung für die Verhütung chirurgischer Infektionen.
Chirurg 45, 533-538 (1974)

18 KOLLEGIUM BIOMATHEMATIK NW.: Biomathematik für Mediziner.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1976
(2. Aufl.)

19 LIDWELL,O.M., LOWBURY,E.J.L., WHYTE,W., BLOWERS,R., STANLEY,S.J., LOWE,D.: Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement: a randomised study.
Brit. Med. J. 285, 10-14 (1982)

20 LIDWELL,O.M., LOWBURY,E.J.L., WHYTE,W., BLOWERS,R., STANLEY,S.J., LOWE,D.: Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: the relationship to sepsis rates.
J. Hosp. Infect. 4, 111-131 (1983)

21 MÜLLER,H.E.: Zur Notwendigkeit von Klima-Anlagen in Krankenanstalten.
Öff. Gesundh. Wes. 38, 274-282 (1976)

22 MÜLLER,H.E.: Die medizinische Bedeutung von Klimaanlagen.
Dtsch. Med. Wschr. 102, 639-643 (1977)

23 MÜLLER,R.W.: Aerogene Infektionen über Klimaanlagen und Belüftungseinrichtungen.
Prax. Pneumolog. 26, 401-403 (1972)

24 OSTERTAG,H.: Die hygienische Überwachung der klimatisierten aseptischen Bereiche im Krankenhaus.
Zbl. Bakt. Hyg. I, Orig. B. 157, 1-22 (1973)

25 PORTER,K.W.: Laminar flow wird angegriffen.
Krankenhausarzt 3, 106-113 (1973)

26 RUSSENBERGER,H.J.: Luftkeimzahlen in Operationssälen mit verschiedenen Belüftungsanlagen.
Z. Präv. Med. 17, 217-218 (1972)

27 SANDER,J.: Studie über Krankenhaushygiene in Niedersachsen.
Eine Information des Niedersächsischen Sozialministers , Hannover 1982 (Sonderdruck)

28 SCHICHT,H., STEINER,W.: Klimatechnik und Asepsis in Operationssaal und Intensivpflege.
Gesundh.-Ing. 94, 106-114 (1973)

29 SCHMAUSS,A.K., BAHRMANN,E.: Gas- und ödembildende Infektionen auch heute noch ein Problem.
Zbl. Chirurgie 3, (1977)

30 STIEHL,H.H.: Die Anwendung von Luftfiltern in der Medizin und experimentellen Biologie.
Gesundh.-Ing. 94, 51-59 (1973)

31 STIEHL,H.H.: Der Beitrag der Luftfilter zur Erfüllung der hygienischen Aufgaben lufttechnischer Anlagen in Krankenanstalten.
Gesundh.-Ing. 98, 161-165 (1977)

32 THOMSEN,K., KREBS,D.: Fehlerhafte Klimaanlage infizierte Operationstrakt.
Dtsch. Ärztebl. 69, 544-548 (1972)

33 U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES: Minimum requirements of construction and equipment for hospital and medical facilities.
DHHS Publication No. (HRA) 81-14500, Washington 1980

34 U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES: Centers for Disease Control: Guideline for prevention of surgical wound infections and guideline ranking scheme.
Atlanta 1982

35 WANNER,H.U.: Untersuchungen über den Keimgehalt in der Luft von Operationssälen.
Schweiz. Med. Wschr. 99, 641-646 (1969)

36 WANNER,H.U.: Untersuchungen über die Wirkung von Ultraviolettstrahlen auf den Keimgehalt der Raumluft.
Schweiz. Med. Wschr. 102, 670-677 (1972)

37 WANNER,H.U.: Der Keimgehalt in der Luft von Operationssälen in Abhängigkeit des Belüftungsverfahrens.
Immun. Infekt. 2, 118-122 (1974)

38 WEIDMANN,E.: Luftkeimzahlbestimmungen in Operationssälen.
Z. Orthop. 113, 29-40 (1975)

39 WHITCOMB,J.G.: The role of laminar airflow in hospitals, a case history.
Contam. Control 10, 13-18 (1971)

40 WINKLE,ST., ROEMER,G.B., MATZ,K.: Klimaanlagen als potentielle Infektionsquelle in Krankenhäusern.
Diagnostik 8, 382-384 (1972)

7. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Tab. 1: Anforderungen an Filterqualitäten der verschiedenen Filterklassen 7

Tab. 2: Lokalisation der Keime im HNO-Operationsraum i .. 19

Tab. 3: Lokalisation der Keime im Chirurgischen Operationsraum j 20

Tab. 4: Häufigkeit von Clostridium perfringens in den verschiedenen Operationsräumen zu den verschiedenen Tageszeiten 21

Tab. 5: Häufigkeit von Staphylococcus aureus in den verschiedenen Operationsräumen zu den verschiedenen Tageszeiten 23

Tab. 6: Gesamtkeimzahl in den verschiedenen Operationsräumen zu den verschiedenen Tageszeiten 24

Tab. 7: Häufigkeiten der Keime in den Operationsräumen g und j 26

Tab. 8: Keimzahlen in Abhängigkeit von der Luftfilterung 27

Tab. 9: Die Abhängigkeit von Clostridium, Staphylococcus aureus und Gesamtkeimzahl von der Luftwechselrate 28

Abb. 1: Schema eines Lüftomatik-Belüftungsgerätes, Baureihe J II 8

Abb. 2: Schema des Operationsraumes j und der eingebauten Reinraumanlage 11

Ich danke Herrn Prof. Dr. J. Sander für die freundliche Überlassung des Themas und für seine wertvollen Ratschläge bei der Durchführung der Untersuchungen und der Abfassung der Arbeit.

Herrn Dr. E. Hultsch, Institut für Medizinische Informatik und Biomathematik der Universität Münster, danke ich für die statitistische Beratung.

Lebenslauf

Am 5.2.1948 wurde ich, Adelheid Ursula Gertrud Hatzmann, geb. Richard, als Tochter des Arztes Dr. Kurt Richard und seiner Ehefrau Dr. Adelheid Richard, geb. Breuer, in Emstek/Oldenburg geboren.

Nach 4- jähriger Grundschule besuchte ich das neusprachliche Gymnasium in Cloppenburg, die Liebfrauenschule, und bestand dort am 30.5.1967 die Reifeprüfung.

Von 1967 bis 1969 folgte ein 2- jähriges Apotheker- Praktikum und am 3.9.69 die Pharmazeutische Vorprüfung. Nach einem 6-semestrigen Studium der Pharmazie von 1969 bis 1972 an der Freien Universität Berlin bestand ich am 20.10.1972 das Pharmazeutische Staatsexamen mit „ gut “ .

Ab Wintersemester 1973 studierte ich an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster Medizin. Nach der Ärztlichen Vorprüfung im August 1976, dem 1. und 2. Abschnitt der Ärztlichen Vorprüfung im August 1977 und im August 1979, bestand ich am 23.10.1980 den 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.

Zur Zeit befinde ich mich als Assistenzärztin in der Weiterbildung zum Facharzt für Innere Medizin.